

Karel KUBEČKA¹

SANACE NOSNÉ ŽELEZOBETONOVÉ KONSTRUKCE TEPLÁRNY KARVINÁ.

Abstract

This paper is oriented on the problem rescue of concrete-steel framework heat station of Karviná, using new materials and processing of the reconstruction.

1 ÚVOD

Příspěvek na praktických ukázkách seznamuje se sanací nosného železobetonového skeletu suterénu teplárny v Karviné, odstranění důsledku přetížení nosné konstrukce a zajištění další životnosti. Pro sanaci bylo použito nejnovějších materiálů, technologií a sanačních postupů včetně dobetonávek ze samozhutnitelných betonů.

2 POPIS KONSTRUKCE

Budova hlavního výrobního bloku, který se skládá ze strojovny, mezistrojovny, kotelny a bunkrové stavby, byla realizována ve třech etapách ve 40., 50. a 60. letech.

Objekt se nachází na ochranném pilíři dolu ČSA, což by mělo zajistit ochranu objektu vůči působení zatížení podle normy [1], avšak s ohledem na velmi složité geologické podmínky a rozsah důlní činnosti může být skutečnost odlišná a lze proto předpokládat, že konstrukce objektu budou vystaveny tahovým účinkům podloží (viz některé projevy poruch).

První etapa výstavby probíhající ve 40. letech byly kotle K3 a K4 ohraničené modulovými osami E6 ÷ E11 a L6 ÷ L11. Nosné konstrukce do úrovně ±0,00 m jsou v této části kotelny tvořeny železobetonovým skeletem, který nese plošinu na úrovni ± 0,00 m a ocelové konstrukce nad úrovní ± 0,00 m.

Druhá etapa výstavby v 50. letech byly kotle K1, K2 a K5, mezistrojovna a strojovna ohraničené modulovými osami A1 ÷ A6 a L1 ÷ L6; A6 ÷ A11 a D6 ÷ D11 a část A11 ÷ A14 a L11 ÷ L14. Nosné konstrukce do úrovně ± 0,00 m jsou v této části pod kotelnou tvořeny železobetonovým skeletem, který nese plošinu na úrovni ±0,00 m a ocelové konstrukce nad úrovní ± 0,00 m. Část plošiny mezi G1 ÷ G2 a J1 ÷ J2 je tvořena železobetonovými pilíři s ocelobetonovými stropními konstrukcemi na úrovni ± 0,00 m. Ocelobetonové stropní konstrukce jsou tvořeny ocelovým roštem z válcovaných nosníků, které nesou železobetonovou desku tl. 80 mm. Nosníky jsou navíc ze stran zabetonovány šikmými náběhy od desky po spodní pásnici nosníku.

Třetí etapa výstavby v 60. letech byly kotle K6 a K7, mezistrojovna a strojovna ohraničené modulovými osami A14 ÷ A18 a M14 ÷ M18. Nosné konstrukce do úrovně ± 0,00 m jsou v této části pod kotelnou v modulech M14 ÷ M18 a K14 ÷ K18, ve strojovně a mezistrojovně v modulech A14 ÷ A18 a F14 ÷ F18 jsou tvořeny železobetonovým skeletem, který nese plošinu na úrovni ±0,00 m a ocelové konstrukce nad úrovní ± 0,00 m. Část konstrukce v kotelně v modulech F14 ÷ F18 a K14 ÷ K18 je tvořena železobetonovými pilíři s ocelobetonovými stropními konstrukcemi na úrovni ± 0,00 m. Ocelobetonové stropní konstrukce jsou tvořeny ocelovým roštem z válcovaných nosníků, které nesou železobetonovou desku tl. 100 mm. Nosníky jsou navíc ze stran zabetonovány šikmými náběhy od desky po spodní pásnici nosníku.

¹ Ing., Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, L.Poděšť 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, tel: +420 596 991 334, karel.kubecka@vsb.cz, www.fast.vsb.cz/kubecka

Podlahy suterénu jsou provedeny z cementových potěrů na podkladním betonu. Konstrukce hlavního výrobního bloku je založena plošně na úrovni cca -6,43 m.

Materiálově se předpokládá, že nosné konstrukce jsou podle výkresové dokumentace hlavního výrobního bloku provedeny z betonu B 250 některé hlavní pilíře a B 170 ostatní konstrukce, výztuž je z oceli kvality 10 210 pomocná a hlavní 10 300, 10 370, 10 400 a 10 512 (R) Roxor. Na konci 80. let bylo provedeno provizorní podepření podlahy v místě CHÚV v prostoru mezi moduly E1 ÷ E5 a F1 ÷ F5.

3.1 STAV ŽELEZOBETONOVÝCH NOSNÝCH KONSTRUKCÍ DESEK



Obr.1: Zcela degradovaná betonová krycí vrstva – výztuž je „chráněna“ vápenným pačokem, je silně zkorodovaná.



Obr.2: Vysoký stupeň koroze dolní výztuže desky – úbytek vlivem koroze není staticky nezajímavý

Byly prohlédnuty železobetonové desky na dostupné části půdorysu, na kterém se uskutečnila předběžná prohlídka konstrukce.

Prakticky až na výjimky je dolní výztuž napadena agresivitou prostředí a vykazuje změny v podobě vzniku rzi, což způsobuje, vzhledem k nárůstu objemu, odlupování krycí vrstvy. V převážné většině je krycí vrstva nedostatečné tloušťky a navíc je podle průvodních znaků konstrukce zřejmé, že neskýtá vlivem degradace povr-



Obr.3: Zcela degradovaná betonová krycí vrstva – výztuž silně zkorodovaná.



Obr.4: Koroze výztuže desky a koroze válcovaných ocelových nosníků stropů nad suterénem (plošiny)

chové vrstvy betonu, dostatečnou ochranu výztuže proti vlivům prostředí. Tato skutečnost je konstatována v podkladech (projektu – TČA-průzkum-01-techzpr).

Narušení betonů a následné obnažení výztuže s její následnou korozí bylo zjištěno v mnoha místech, kde byly prováděny stavební úpravy, zejména prostupy, které nebyly řádně v minulosti při prováděných stavebních úpravách ošetřeny. Některé úpravy jsou provedeny tak, že vyřazují část nosného prvku z funkce.

V případě kombinace konstrukce s ocelí byly zjištěny zkorodované válcované nosníky ocelové plošiny na $\pm 0,00$ m. Poškození ocelových nosníků je takového rozsahu, že nezaručuje při případném zvýšení zatížení bezpečný přenos sil a hrozí jejich destrukce. Z tohoto pohledu je konstrukce v havarijním stavu.

Horní líc desek (v oblasti nadpodporových momentů) není přístupný, dá se teoreticky označit za podstatně zachovalejší, i když přítomnost chemických zejména a ropných látek je zřejmá a rovněž tak negativně působí na konstrukci. V každém případě je stav konstrukce zapříčiněn její zanedbanou údržbou v minulých letech v průběhu provozu.

3.2 STAV ŽELEZOBETONOVÝCH OCELOVÝCH NOSNÝCH KONSTRUKCÍ



Obr.5: Zcela degradovaná betonová krycí vrstva průvlastku – výztuž silně zkorodovaná.



Obr.6: Vysoký stupeň koroze dolní výztuže průvlastku – úbytek vlivem koroze není staticky nezájímavý



Obr.7: Zcela degradovaná betonová krycí vrstva průvlastku – odlupující se krycí vrstva.



Obr.8: Vysoký stupeň koroze ocelových konstrukcí

Poškození betonů se vyznačuje nejčastěji narušením krycí vrstvy betonu, způsobené následnou korozí výztuže, jak bylo konstatováno u desek. V převážné většině je krycí vrstva nedostatečné tloušťky a navíc je podle průvodních znaků konstrukce zřejmé, že neskýtá vlivem degradace povrchové vrstvy betonu, dostatečnou ochranu výztuže proti vlivům prostředí. Tato skutečnost je konstatována v podkladech (projektu – TČA-průzkum-01-techzpr). Jedná se zejména o poruchy spodního líce vodorovných konstrukcí plošiny $\pm 0,00$ m dominantně v místech kam v minulosti zatékalo nebo v místech s únikem páry (viz obrázek výše).

3.3 STAV ŽELEZOBETONOVÝCH SLOUPŮ A STĚN

Narušení sloupů je dvojího charakteru. Jednak tak jako u desek plošiny a průvlaků jsou narušeny patní části svislých nosných prvků suterénních částí, kde byla možnost zaplavení vodou (navíc oproti klasické agresivitě působící na desky a průvlaků) a dále je nezanedbatelné narušení sloupů nadměrným přetížením konstrukce. K tomuto přetížení konstrukce došlo v souvislosti s transportem technologie v prostoru vjezdu na úroveň $\pm 0,00$ m. Stěny jsou porušeny vlivem degračních vlivů, lokálně trhlinami.



Obr.9: Zcela degradovaná betonová krycí vrstva sloupu v patě – počínající koroze výztuže třmínků.



Obr.10: Vysoký stupeň koroze výztuže stěny

4 NÁVRH NA OPRAVU

Vzhledem ke skutečnosti, že v současné době převládá názor, že posuzované konstrukce budou plnit svoji funkci nejméně dalších cca 25 let, je třeba zajistit jejich nosnou způsobilost pro požadované období provozu a navrhnout způsob sanace narušených prvků konstrukce. Současně s touto otázkou vyvstává problém nutnosti zesílení konstrukce zejména v části, kde je očekáváno zvýšení zatížení od nové technologie. Na tuto otázku byl provozovatel ústně při prohlídce [4] upozorněn.

S ohledem na různou míru a způsoby narušení posuzovaných konstrukcí je třeba pro každý případ narušení navrhnout odpovídající způsob sanace, přičemž postup sanace je nutno podřídit prioritám daným havarijním stavem některých částí konstrukcí.



Obr.11: Poškození sloupu přetížením (porušení v podélném směru v rozích sloupu)

Jedná se o sanace:

- ☐ železobetonových desek plošiny
- ☐ ocelových nosníků
- ☐ železobetonových nosníků a průvlaků
- ☐ sloupů
- ☐ stěn

Důležitou podmínkou návrhu je vyspecifikování podmínek, za kterých musí konstrukce spolehlivě fungovat, tedy zejména určení zatížení konstrukce a agresivita prostředí [3].

Pokud provozovatel nespecifikuje odlišné podmínky provozu konstrukce, předpokládá se shodné prostředí jaké na konstrukci působí v současné době. Otázku zatížení konstrukce musí provozovatel stanovit dle předpokládané technologie a provozu.

Z hlediska použití sanačních metod a použitých sanačních materiálů bude předpokládáno použití materiálů „Degussa Stavební hmoty s.r.o.“. Změna sanačních materiálů jiným, pokud možno ucelným systémem není vyloučena a je na volbě investora.



Obr.3: Zcela degradovaný styk sloupu a průvlaku – výztuž je funkční pouze z části.

4.1 ŽELEZOBETONOVÉ DESKY

- ❑ Podklad je nutno upravit mechanicky, resp. tryskáním tlakovou vodou či pískováním nebo oškrábáním a zbavení konstrukce degradované vrstvy betonu (s nízkým stupněm alkality). až na únosný podklad.
- ❑ Očištění výztužných prutů konstrukce mechanicky, resp. tryskáním tlakovou vodou či pískováním nebo oškrábáním a zbavení zbytků starého betonu. Stanovení korozivního úbytku výztužné ocele. Původní očištěná výztuž bude opatřena inhibitorem koroze Protectosil® CIT a ochranným nátěrem, např. 3–násobný nátěr PCI Legaran RP (EMACO® P 300), resp. EMACO® P 302 .
- ❑ Náhrada zkorodované části výztužných vložek systémem pro zesilování konstrukcí externě lepenou uhlíkovou výztuží (Uhlíkové lamely S & P CFK) MBrace®.
- ❑ Kontrola povrchu před nástřikem - podklad pro nanášení stříkaného betonu má být na povrchu matně vlhký. Na podkladu nesmí být žádné substance snižující přilnavost k podkladu. Po nástřiku stříkaného betonu je nutné dbát na správnou úpravu betonu. Sanované plochy se musí udržovat vlhké cca 3 až 5 dní a musí se chránit před povětrnostními vlivy, průvanem a přímým slunečním zářením, vrstvu je nutno udržovat vlhkou (mlžení). Práce nesmí probíhat při teplotách pod +5 °C a nad +30 °C.
- ❑ Provedení nástřiku krycí vrstvy, případně provedení druhé vrstvy (podle hloubky do které byla konstrukce zbavena původního betonu) a to za použití stříkaného betonu EMACO® S20B, který je určen pro suché stříkání na mosty, inženýrské stavby a pro objekty pozemního stavitelství. Tato hmota je určena pro vnitřní i venkovní použití, pro stěny a stropy. EMACO® S20B je pytlovaná sanační směs, určená pro zpracování technologií suchého stříkání, sanaci železobetonových konstrukcí, dynamicky nenamáhaných částí stavebních konstrukcí i s uvolněnými armaturami a k dodatečné ochraně povrchů jako např. mostní opěry, zárubní zdi apod. Je použitelná i pro sanaci kamenného a cihelného zdiva např. opěrných stěn, skalních stěn apod. Hmota je modifikovaná, aby zajišťovala dostatečnou flexibilitu maltové směsi, dosahovala vhodné objemovou stálost produktu a dostatečnou přidržnost k řádně připravenému podkladu, jak je uvedeno výše. Je určena pro tloušťky od 20 do 80 mm v jedné vrstvě. Povrch je oděruvzdorný, dosahuje vysokých pevností. Je odolný rozmrazovacím solím, mrazuvzdorný, vodonepropustný, ale propouští vodní páru z podkladu. Stříkaný beton má v čerstvém stavu vynikající přidržnost k podkladu, spadá směsí v důsledku zpětného odrazu je minimální. Ihned po aplikaci je možno nerovnosti povrchu strhnout dřevěnou latí. V případě požadavku na pohledový beton se následně provede finální jemnozrnná šterka, např. PCI Peciment 5, resp. EMACO® R305.

Technologie zpracování a bezpečnostní pokyny musí být v souladu s Technickým listem č. 406, Degussa Stavební hmoty s.r.o.. Celý systém sanace musí být bezpodmínečně schválen technickým zástupcem formy Degussa Stavební hmoty s.r.o.

4.2 OCELOVÉ NOSNÍKY

Zkorodované volné ocelové nosníky budou vybourány a nahrazeny dle možností železobetonovými konstrukcemi. Návrh a posouzení náhradní konstrukce není předmětem tohoto předběžného posudku, ale bude náplní projektu sanace.

Volné části zabetonovaných železobetonových nosníků budou očištěny a posouzeny z hlediska korozivních úbytků. Na základě této skutečnosti bude rozhodnuto zda budou:

1. opatřeny nástřikem betonovou vrstvou
2. zesíleny přídatnou výztuží a poté opatřeny nástřikem betonovou vrstvou

Ocelová konstrukce bude opatřena inhibitorem koroze Protectosil® CIT a ochranným nátěrem, např. 3–násobný nátěr PCI Legaran RP (EMACO® P 300), resp. EMACO® P 302 .

4.3 ŽELEZOBETONOVÉ NOSNÍKY A PRŮVLAKY

- ❑ Podklad je nutno upravit mechanicky, resp. tryskáním tlakovou vodou či pískováním nebo oškrábáním a zbavení konstrukce degradované vrstvy betonu (s nízkým stupněm alkality). až na únosný podklad.
- ❑ Očištění výztužných prutů konstrukce mechanicky, resp. tryskáním tlakovou vodou či pískováním nebo oškrábáním a zbavení zbytků starého betonu. Stanovení korozivního úbytku výztužné ocele. Původní očištěná výztuž bude opatřena inhibitorem koroze Protectosil® CIT a ochranným nátěrem, např. 3–násobný nátěr PCI Legaran RP (EMACO® P 300), resp. EMACO® P 302 .
- ❑ Náhrada zkorodované části výztužných vložek systémem pro zesilování konstrukcí externě lepenou uhlíkovou výztuží (Uhlíkové lamely S & P CFK) MBrace®. Podle stupně korozivního úbytku je možno použít i rohoží nebo tkanin.
- ❑ Kontrola povrchu před nástřikem - podklad pro nanášení stříkaného betonu má být na povrchu matně vlhký. Na podkladu nesmí být žádné substance snižující přilnavost k podkladu. Po nástřiku stříkaného betonu je nutné dbát na správnou úpravu betonu. Sanované plochy se musí udržovat vlhké cca 3 až 5 dní a musí se chránit před povětrnostními vlivy, průvanem a přímým slunečním zářením, vrstvu je nutno udržovat vlhkou (mlžení) . Práce nesmí probíhat při teplotách pod +5 °C a nad +30 °C.
- ❑ Provedení nástřiku krycí vrstvy, případně provedení druhé vrstvy (podle hloubky do které byla konstrukce zbavena původního betonu) a to za použití stříkaného betonu EMACO® S20B, který je určen pro suché stříkání na mosty, inženýrské stavby a pro objekty pozemního stavitelství. Tato hmota je určena pro vnitřní i venkovní použití, pro stěny a stropy. EMACO® S20B je pytlovaná sanační směs, určená pro zpracování technologií suchého stříkání, sanaci železobetonových konstrukcí, dynamicky nenamáhaných částí stavebních konstrukcí i s uvolněnými armaturami a k dodatečné ochraně povrchů jako např. mostní opěry, zárubní zdi apod. Je použitelná i pro sanaci kamenného a cihelného zdiva např. opěrných stěn, skalních stěn apod. Hmota je modifikovaná, aby zajišťovala dostatečnou flexibilitu maltové směsi, dosahovala vhodné objemovou stálost produktu a dostatečnou přídržnost k řádně připravenému podkladu, jak je uvedeno výše. Je určena pro tloušťky od 20 do 80 mm v jedné vrstvě. Povrch je oděruvzdorný, dosahuje vysokých pevností. Je odolný rozmrazovacím solím, mrazuvzdorný, vodonepropustný, ale propouští vodní páru z podkladu. Stříkaný beton má v čerstvém stavu vynikající přídržnost k podkladu, spad směsi v důsledku zpětného odrazu je minimální. Ihned po aplikaci je možno nerovnosti povrchu strhnout dřevěnou latí. V případě požadavku na pohledový beton se následně provede finální jemnozrnná stěrka, např. PCI Peciment 5, resp. EMACO® R305.

Technologie zpracování a bezpečnostní pokyny musí být v souladu s Technickým listem č. 406, Degussa Stavební hmoty s.r.o.. Celý systém sanace musí být bezpodmínečně schválen technickým zástupcem formy Degussa Stavební hmoty s.r.o.

4.4 SLOPY

Problematika zesílení sloupů je dvojí:

- ❑ Sloupy porušení obdobně jako desky a průvlaky degradací betonu a následnou korozi výztuže
- ❑ Sloupy porušené nadměrným namáháním, tedy částečně porušené rozdrcením krycí vrstvy

U těchto konstrukcí je možno použít technologie stříkaných betonů obdobně jako v předešlých bodech a nebo, u konstrukcí sloupů přístupných shora jako alternativa použití samozhutnitelných betonů provedeního do bednění sloupu po předběžném zesílení přídavnou výztuží. Tento způsob

vzhledem k objemu materiálu není ekonomický s výjimkou kdy by sloup byl betonován společně s příčlí nebo částí desky.

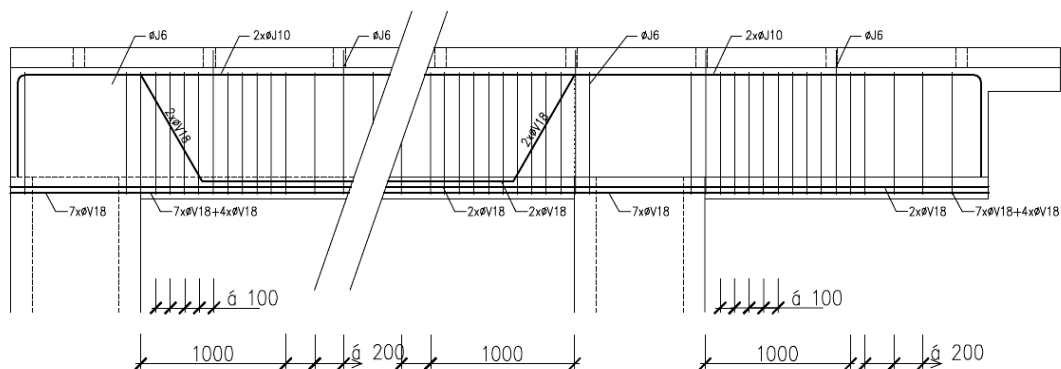
U sloupů porušených nadměrným zatížením je navíc nutno prověřit neporušenost jádra sloupu. V obou případech je nutno posoudit třmínkovou výztuž tlačенých prvků a doplnit ji jako u podélné výztuže.

4.5 STĚNY

- ❑ Podklad v místech kde jsou patrné stopy korodující výztuže je nutno upravit mechanicky, resp. tryskáním tlakovou vodou či pískováním nebo oškrábáním a zbavení konstrukce degradované vrstvy betonu (s nízkým stupněm alkality) až na únosný podklad.
- ❑ Očištění výztužných prutů konstrukce mechanicky, resp. tryskáním tlakovou vodou či pískováním nebo oškrábáním a zbavení zbytků starého betonu. Stanovení korozivního úbytku výztužné ocele. Původní očištěná výztuž bude opatřena inhibitorem koroze Protectosil® CIT a ochranným nátěrem, např. 3–násobný nátěr PCI Legaran RP (EMACO® P 300), resp. EMACO® P 302 .
- ❑ Náhrada zkorodované části výztužných vložek systémem pro zesilování konstrukcí externě lepenou uhlíkovou výztuží (Uhlíkové lamely S & P CFK) MBrace®. Podle stupně korozivního úbytku je možno použít i rohoží nebo tkanin.
- ❑ V případě trhlin jejich překrytí dodatečně provedenou výztuží – alternativně lze použít rohože nebo tkaniny.
- ❑ Kontrola povrchu před nástřikem - podklad pro nanášení stříkaného betonu má být na povrchu matně vlhký. Na podkladu nesmí být žádné substance snižující přilnavost k podkladu. Po nástřiku stříkaného betonu je nutné dbát na správnou úpravu betonu. Sanované plochy se musí udržovat vlhké cca 3 až 5 dní a musí se chránit před povětrnostními vlivy, průvanem a přímým slunečním zářením, vrstvu je nutno udržovat vlhkou (mlžení). Práce nesmí probíhat při teplotách pod +5 °C a nad +30 °C.
- ❑ Provedení nástřiku krycí vrstvy, případně provedení druhé vrstvy (podle hloubky do které byla konstrukce zbavena původního betonu) a to za použití stříkaného betonu EMACO® S20B, který je určen pro suché stříkání na mosty, inženýrské stavby a pro objekty pozemního stavitelství. Tato hmota je určena pro vnitřní i venkovní použití, pro stěny a stropy. EMACO® S20B je pytlovaná sanační směs, určená pro zpracování technologií suchého stříkání, sanaci železobetonových konstrukcí, dynamicky nenamáhaných částí stavebních konstrukcí i s uvolněnými armaturami a k dodatečné ochraně povrchů jako např. mostní opěry, zárubní zdi apod. Je použitelná i pro sanaci kamenného a cihelného zdiva např. opěrných stěn, skalních stěn apod. Hmota je modifikovaná, aby zajišťovala dostatečnou flexibilitu maltové směsi, dosahovala vhodné objemovou stálost produktu a dostatečnou přidržnost k řádně připravenému podkladu, jak je uvedeno výše. Je určena pro tloušťky od 20 do 80 mm v jedné vrstvě. Povrch je oděruvzdorný, dosahuje vysokých pevností. Je odolný rozmrazovacím solím, mrazuvzdorný, vodonepropustný, ale propouští vodní páru z podkladu. Stříkaný beton má v čerstvém stavu vynikající přidržnost k podkladu, spad směsi v důsledku zpětného odrazu je minimální. Ihned po aplikaci je možno nerovnosti povrchu strhnout dřevěnou latí. V případě požadavku na pohledový beton se následně provede finální jemnozrnná stěrka, např. PCI Peciment 5, resp. EMACO® R305.

Technologie zpracování a bezpečnostní pokyny musí být v souladu s Technickým listem č. 406, Degussa Stavební hmoty s.r.o.. Celý systém sanace musí být bezpodmínečně schválen technickým zástupcem formy Degussa Stavební hmoty s.r.o.

4 STAV KONSTRUKCE PO SANACI

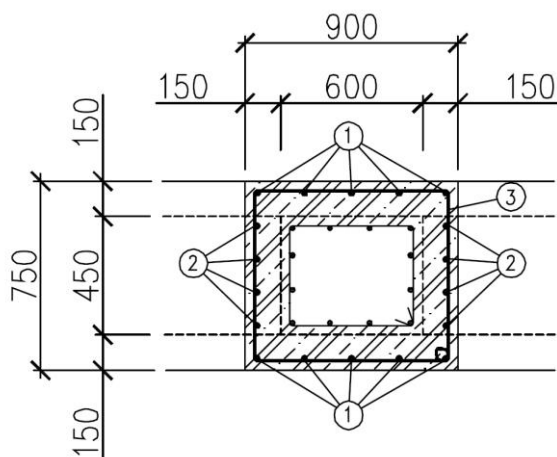


Obr.4: Zesílení průvlaku

Skutečné provedení sanace bylo totožné s původním (výše uvedeným) návrhem s tím, že pro zesílení nebylo použito uhlíkových lamel z obavy nízké soudržnosti se stávající konstrukcí v případě vysokých teplot v interiéru teplárny. Bylo použito zesílení klasickou výztuží (R)-10 505 s obetonováním samozhutnitelným betonem ukládaným do bednění shora průřazy v železobetonových deskách. Zesílení bylo voleno tak, aby samotné zesílení mělo shodnou únosnost jako původní profil. Výsledně tedy konstrukce musí při spolupůsobení stávající konstrukce a zesílené vyhovět.

Vzhledem k silným otřesům v konstrukci (chvění vyvolané technologickým zařízením teplárny) byla sanace provedena v období odstávky teplárny, to je v letním období (mimo hlavní topnou sezónu).

Stav konstrukce po sanaci je zřejmý z fotografií.



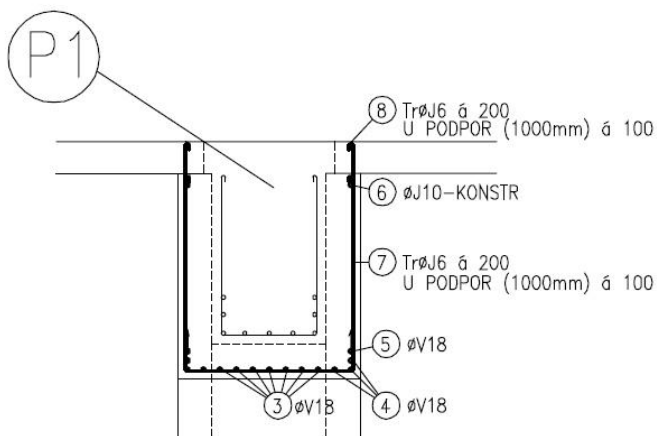
Obr.145: Zesílení sloupu



Obr.65: Trámový strop a tlustá deska



Obr.16: Konstrukce trámového stropu po sanaci



Obr.77: Zesílení průvlaku - řez

LITERATURA

- [1] ČSN 73 0039a Navrhování objektů na poddolaném území
- [2] ČSN 73 1201a,2 Navrhování betonových konstrukcí.
- [3] ČSN EN 206-1 Beton - část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- [4] Prohlídka na místě samém dne 22. listopadu 2005 a pořízení fotodokumentace.

Příspěvek byl získán za finančního přispění MŠMT ČR, projekt 1M6840770001, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS.

Recenzi vypracoval: Ing. Ivan Holinka